

◆本报记者邓玥

黄海之滨、云台山下,位于江苏省连云港市的中核集团田湾核电7号机组穹顶球带5月19日成功吊装。

这次吊装作业难度系数极高,其成功意义重大。不仅是江苏核电落实习近平总书记关于“打造核安全领域全球标杆”的具体举措,也为田湾核电7号机组由建设全面转入安装阶段提供了有力保障。

国内罕见最重穹顶,对接控制在毫米级别

穹顶是核电站安全的重要屏障,是保证反应堆厂房完整性和密封性的重要组成部分。穹顶吊装因此成为核电站工程建设的重要里程碑节点。

吊装过程中,穹顶宛如一个巨型“帽子”,在吊机数条钢丝绳的牵引下,缓缓起、转、升、落,最后平稳落在核岛筒体上。

由于穹顶重量往往达数百吨,其与筒体的对接偏差要控制在毫米级别,加之过程中易受风力影响导致偏摆,或温度变化造成热胀冷缩等,吊装难度很大。

“7号机组穹顶是目前国内机组中最重的钢衬里穹顶,且球带内部已安装好各种设备,这在国内外并不多见,其吊装难度也更高。”中核华兴田湾核电项目部项目副经理、钢结构专家裴习平告诉记者。

在7号机组施工现场,记者看到呈半球形的钢衬里穹顶被分为球冠和球带两部分,未吊装前,球带嵌套在球冠外部呈球形扣在地面。裴习平说:“我们将穹顶水平切割成两部分,下面是球带,上面是球冠,这次吊装的球带重达375.5吨,上口直径36.522米,下口直径44米,高度12.269米。拟于1个月后进行球冠重约210吨。”

裴习平解释,球带如此沉重,主要是因为球带内部还分布着不同规格的安装设备,包括16台穹顶

非能动热交换器、44件贯穿件、4台氢气复合器等设备。以往,穹顶吊装时的重量只包含钢衬里穹顶本体及喷淋通风系统等重量,不含设备。

吊装当天,早晨7时19分,伴随一声长鸣响号令,2000吨履带式吊机在暖阳下缓缓将球带吊离地面。首先将穹顶下口提升至距穹顶地面17米,顺时针旋转17度,行走78.3米,再将穹顶下口提升至50.5米,逆时针旋转180度,继续向前行走18.3米,最后顺时针旋转54度,落钩就位。

整个过程长达3个多小时,其中,用时最长的是行走。裴习平说:“吊机总共行走96.6米,球带的重量致使过程十分缓慢。吊机行走速度1小时不超过0.1公里,起降速度1分钟不超过10度,回转速度1分钟不超过10度。同时,我们在14天前就开始监控天气,当日风速不能超过8.8米每秒,以保证吊装平稳进行。”

球带和筒体对接时,球带下口和筒体上口周长偏差要控制在两厘米以内,同一个角度半径偏差要控制在1厘米以内。为了保证精度,吊装前,施工团队已经反复测量确认多个数据;穹顶下口及筒体上口也分布有环向限位、经向限位等装置,确保对接到位。

上午10时39分,球带精准落钩。

千吨吊机“走猫步”,直线偏差保持在20厘米以内

3个多小时吊装作业中,坐在2000吨吊机驾驶室里的机长注意力高度集中,每个角度、高度、精度都控制在毫厘之间,严格按起重总指挥指令准确进行。这位吊机机长的名字叫文欣,2021年荣获全国技术能手称号。

他曾参与国内秦山核电二期扩建、福建福清核电、方山山核电、海阳核电等大型核电吊装工作,还远赴国外,3次在巴基斯坦,参加了恰西玛C2、C3/C4核电项目、卡拉奇K2/K3核电项目、卡拉奇K2/K3核电项目。可以说,在中核机械重大工程吊装现场都留下了他的身影。

2000吨的履带式起重机并不是文欣遇到的最大吨位的吊机。此前,他还驾驶过利勃海尔3000吨、德马格3200吨等类型吊机;持续3个小时吊装,也不是他的体能极限。

文欣曾在-36℃的风电施工现场负责吊装作业,当时,现场施工的利勃海尔120吨和400吨两台吊机专用的柴油和机油液压油全部封冻,反复发动都不能运转,只能给吊机柴油油箱盖上厚棉被,尽量避免温度流失。作为机

长的他,主动留下值夜班,每隔1—2个小时要去发动吊机,让吊机始终保持使用状态。白天干了一天,晚上定好闹钟,往往眼皮刚合上,就被闹钟叫醒,这样的状态持续了三个多月。

担任三一重工1000吨履带式起重机机长期间,文欣在6个月中完成了核电两个环吊、两个穹顶吊装、两次转场、3次拆、组装,平均1个半月就有一次重大吊装。高强度的工作,也让他的腰部受伤,留下后遗症。

尽管经验丰富,文欣仍然表示:“这是我从从业30年来,难度系数最高的吊装之一。”特别是在吊机吊起穹顶后,要一直提着“大家伙”保持直线行走96.6米。

在现场,吊机履带底部分别由路基箱铺设了两条“道路”,吊机履带边缘距离路基箱边缘只有50厘米,按照要求,1个多小时的走车过程,要将直线偏差保持在20厘米以内。

文欣坦言,毫米级对接正常情况下可以做到,最大的难点反而是行走:“这是我操作吊机连续带载行走的最长距离。面对这么长的距离,国内的履带吊机机长,

田湾核电七号机组穹顶球带成功吊装背后

难度极高,为何能达到标杆水平?



▲吊机履带与路基箱边距实景。
▶MAG焊接机器人。
邓玥摄

没有哪一个能保证完全全走直线。怎么保证吊机行走偏移量控制在允许的范围之内,是我面临的最大困难。”

常年户外施工给了文欣一副黝黑的面庞,多年“核级”吊装经

验练就了他机敏的身手和非同一般的毅力。吊装当天,文欣担心的事没有发生,相反,在他全神贯注、干脆利落的操纵下,整个吊装过程安全、有序、可控、精、稳、快地顺利完成。

对标先进、力争一流,达到国内首创、国际领先水平

“这次球带吊装前,我们进行了4次模拟验算,根据验算结果,吊装后,球带下部变形约3.3毫米,远低于40毫米的设计要求。”江苏核电工程建设处处长张林涛告诉记者。

为了将田湾核电7、8号机组打造成“标杆工程”,在开工之初,其建设目标就是“为其他核电建设项目提供对标标准”。因此,对质量、管理、技术等方面的要求都更加严格、对标先进。

来自中核华兴的中国核建焊接首席专家程小华说:“未来,核工业建造必然朝着自动化、智能化方向发展,模块化使用机器人将为田湾核电转型发展打下良好基础。”因此,本次穹顶建造中首次大规模应用了中核集团自主研发的“MAG焊接机器人”。7号机组穹顶主焊缝1070多米,其中980多米实现了自动化焊接,也就是说,这项技术的应用比例超过91%,创造了国内穹顶建造智能焊接机器人工程应用记录,达到国内首创、国际领先水平。

程小华指出,这种机器人融合了激光智能跟踪技术和高效MAG焊接工艺。传统的激光智能跟踪技术依赖进口,进口一套激光智能跟踪焊接机器人成本上百万,而自主研发的国产机器人成本在50万元左右。单是7号机组穹顶现场施工部分就投入了5台MAG焊接机器人,可减少超10个核级焊工,节约人工成本300万/年以上。相较于人工焊接,“MAG焊接机器人”效率提高了3倍以上,比如,单条近13米的穹顶球带弧形焊缝,传统手工焊接大概6—7天,机器人只用1—2天,工期大大压缩,且质量更稳定可靠。

此外,7号机组不断创新

BIM技术、钢筋模块化施工、混凝土结构模块化施工、不锈钢衬里模块化施工、钢衬里设计优化等施工技术。

不仅如此,据张林涛介绍,田湾核电7、8号机组均采用了智慧工地视频监控数字化系统。2021年至今,平台运用5G、云计算等新一代信息技术,充分发挥无人定位、视频监控、AI智能识别等13项功能,实现预警预控。特别是施工现场设置了86台安全监控设备,准确识别未戴安全帽、明火等7种违章行为,及时消除安全隐患。这一系统填补了核电智慧工地数据采集治理、管理标准的空白。

江苏核电党委副书记杨富堂告诉记者,田湾核电目前已经按照全球最高标准策划建立了3个指标体系,即7、8号机组标杆工程、1号—6号机组生产运行和全过程生产运行成本管控指标体系。以标杆工程指标体系为例,包含130多项指标,定期对指标进行评价,如果发现管理上弱项,立刻制定改进方案,并且不断对标先进核电站,将好的经验融合到体系中。他透露,不久后将把该指标体系打造成WANO(世界核电运营者协会)标准。

据悉,田湾核电7、8号机组单机容量126.5万千瓦,每台机组每年预估发电约100亿千瓦时。其中,7号机组于2021年5月19日开工建设,计划2026年10月投入商业运行。田湾核电8台百万千瓦级压水堆核电机组发电,全部建成后装机总容量将超900万千瓦,每年可提供清洁电力超过700亿千瓦时,相当于每年减少二氧化碳排放量5740万吨,对构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系,实现“双碳”目标亦具重要作用。

华北监督站检查进口核安全设备

压实质量管理主体责任

本报讯 生态环境部华北核与辐射安全监督站(以下简称华北监督站)日前组织开展了对中国核电工程有限公司、上海核工程研究院股份有限公司、江苏核电有限公司进口民用核安全设备采购制造等质量管理活动的专项检查。

专项检查进一步强化进口民用核安全设备质量管理,压实工程总承包单位和营运单位的质量管理主体责任。检查组从进口核安全设备合同报备、设计和制造活动开工前报备、不符合项报备等报告制度落实情况入手,从供应商设计鉴定文件、系统接口文件、不符合项

报告等审查把关情况深入,从过程监督、验收出厂和经验反馈等质量验证情况出口,全面检查工程总承包单位核安全设备质量管理体系运转的有效性,深入探讨进一步强化质量管理的举措和行动。

进口核安全设备对我国核电项目建造质量影响重大。华北监督站在通过检查督促工程总承包单位进口重视核安全设备质量管理的同时,严守供方评价、技术文件审查、过程监督和出厂验收等制度措施,推动境外供应商主动适应我国核电项目需求,不断提高进口民用核安全设备的质量水平。

余毅

华东监督站推动铀矿冶企业信息化建设

实时监测、预警尾矿库安全相关数据

本报讯 生态环境部华东核与辐射安全监督站(以下简称华东监督站)近日结合例行监督检查对铀矿冶企业信息化建设进行专项调度,推动铀矿冶企业加快信息化和数字化建设的步伐。

华东地区铀矿冶企业根据国家调改政策现已全面关停,处于维持维护或退役治理等阶段。由于监管涉及的矿点场所分散,监管力量无法满足日益提升的监管要求的问题。

近年来,在华东监督站和铀矿冶企业上级单位的关心和支持下,华东地区各铀矿冶企业不断通过信息化改造强化监管力量。2022年,华东地区铀矿冶企业信息化建设取得明显进展。目前,已建成铀矿冶安全环保视频监控智慧云平台、

铀矿冶尾矿(渣)库监测预警平台等系统,实现对尾矿(渣)库和废水处理站等重点安全环保风险监控区域的实时视频监控全覆盖,实现了对尾矿(渣)库安全相关数据的实时监测、预警。

此次专项调度,华东监督站工作人员对已完成建设的信息化系统进行了实地查看和测试,并对铀矿冶企业信息化建设提出了进一步建议。一是加快数字化转型,加强信息化人才队伍建设。二是坚持需求导向,建立完善科学合理的评价体系,激发企业信息化建设内生动力。

下一步,华东监督站将坚守网络信息安全底线,全面提升铀矿冶企业监管信息化整体水平,以高水平信息化助推铀矿冶企业高水平安全运维。 余谦

海南筑牢核安全底线不放松

紧抓辐射类环评审批,服务保障重大项目

本报讯 海南省生态环境部门日前透露,今年将扎实推进海南省核安全与辐射污染防治“十四五”规划,持续开展核与辐射安全隐患排查,加大移动探伤作业单位的监督检查力度。

截至目前,海南现有核技术利用单位668家,在用密封放射源452枚,在用射线装置1407台,核设施处于安全运行状态。

海南省紧抓辐射类环评审批工作。2022年,共完成辐射类环评项目审批52件,辐射安全许可证审批176件,放射性同位素转让许可27批,放射源转入、转出、收贮备案44批,所有许可、审批及备案未出现超期情况。

除做好环评审批工作外,海南省生态环境厅还积极主动做好重大项目服务保障工作,印发《放射性物品琼州海峡滚装运输保障工作方案》。为有效监管辐射工作单位,海南省

严格开展辐射安全监督检查。2022年以来,海南省生态环境厅采取线上线下交叉方式,共对全省107家重点辐射工作单位开展监督检查,督促各辐射工作单位加强辐射安全管理,并指导各市县对辖区内核技术利用单位开展隐患排查。同时,对10家重点核技术利用单位开展“双随机、一公开”执法检查,针对检查发现的问题及时依法处理,督促相关单位及时整改。

为解决辐射工作人员上岗难题,海南省加大对企业的指导帮扶力度。2022年,共组织100场(次)、964人(次)参加的全省核技术利用单位辐射工作人员网上培训及考核,考核方式由“考生跑”变为“考核单位跑”,减轻考核人员负担。

下一步,海南省将强化实战培训,提升各市县核与辐射监管能力。同时,继续开展核与辐射安全教育,加强公众沟通。 周海燕

CEN 记者手记

标杆精神造就标杆水平

◆本报记者邓玥

此行出发之前,我就心有疑惑:被习近平总书记给予殷殷厚望的田湾核电,何以成为标杆?归来后,我心中回一个答案:靠高精尖人才,靠争一流的竞争精神。

在7号机组施工现场,面对记者镜头,钢结构专家裴习平不假思索地吐出一连串数字,甚至精确到小数点后3位;不善言辞的吊机机长文欣,却能让千吨吊机在如此狭窄的路基上“走猫步”。这不禁让人心中油然而生一股敬意,为他们的严谨态度和高度专业所折服。

而在与田湾核电专家们面对面座谈时,“国内首创”“世界先进”等词汇让人印象深刻。同行记者笑着说,核电行业也很“内

卷”。工期最短、技术要国产,管理要先进、质量创一流,核电人仿佛天生拥有一种竞争意识。我想,正是在这种“竞争基因”的驱动下,田湾核电才力求将三大指标体系打造成WANO标准。

未来,我国预计每年新建6台—8台机组。2030年前后,我国运行核电机组有望达100台左右,跃居全球首位。核电行业蓬勃发展的未来,必然需要更多专业水平过硬、经验丰富的核工业人才,不断推进技术创新、提升管理能力,持续改进优化、精益求精,才能继续保持国际先进水平。

期待田湾核电成功打造“标杆工程”,也希望“标杆精神”能在业内形成燎原之势,“创先争优”的核电人共同守护核安全底线,奋力推动核事业高质量发展。

细化流程 用心服务

江西加强废旧放射源管理

本报讯 截至今年3月,江西省辐射环境监督站完成了全省11个设区市、33所中学的65枚废旧放射源的专项收贮工作,消除了辐射安全隐患。这是江西省辐射环境监督站践行服务基层群众的一个缩影。

为进一步加强废旧放射源送贮工作的监督管理,江西省生态环境厅制定印发关于加强废旧放射源(源)收贮管理工作的通知,充分发挥设区市生态环境局的辐射工作人员、帮助其解决实际困难,充分利用废源收贮过程,对基层辐射工作人员进行辐射监测、应急处置等方面的实操培训,提升辐射监测、应急处置综合能力。 张林霞 杨晔

工作日内上门服务”政策。2022年以来,依法依规安全收贮放射源147枚,放射性废物100kg,服务企业(单位)51家。

江西省辐射环境监督站工作人员利用下基层收贮废旧放射源的机会,走进企业、社区、学校,既帮助企业(学校、单位)消除辐射安全隐患,又开展核安全科普宣讲。

每次下基层收源之前,工作人员会主动对接市(县、区)生态环境局的辐射工作人员,帮助其解决实际困难,充分利用废源收贮过程,对基层辐射工作人员进行辐射监测、应急处置等方面的实操培训,提升辐射监测、应急处置综合能力。 张林霞 杨晔



▲球带吊装现场。中核集团供图